環境與稻作生產
第二章　稻米生產與氣候環境
7 - 32, 1999

第二章　稻米生產與氣候環境

郭益全
臺灣省農業試驗所農藝系

摘要 ---------- 8
壹、前言 ---------- 8
貳、世界稻米產銷概況 ---------- 9
參、臺灣稻米生產概況 ---------- 14
肆、稻米生產之氣候環境 ---------- 18
伍、結語 ---------- 29
陸、引用文獻 ---------- 30
英文摘要(ABSTRACT) ---------- 32

第二章　稻米生產與氣候環境

郭益全
臺灣省農業試驗所農藝系

摘　要

稻米是世界上最重要的糧食作物之一，產區遍及極地除外之世界各洲，種植的國家超過 100 個以上，但以亞洲為主要之生產暨消費地區。白米年出口量約佔世界稻米生產總量之 4-5%，泰國為最主要之出口國，美國居次。1990 年世界公頃平均稻米產量約為 3.56 噸，溫帶為高產區。臺灣 1998 年公頃平均稻米產量約為 4.3 噸，一期作比二期作豐產。稻雖原生於熱帶，但因其漫長栽培歷史、人類在多樣之水-土-季節環境之選拔，再加上人類無遠弗屆之散播，稻之各類生態遺傳歧異極其豐富，適應性極廣，在各類氣候條件下均能生長，本文就稻作氣候因子如雨水、日射量、日長、溫度、相對濕度及風等與稻作生長之關係作一般性之討論，至於詳細之作物生理則由本書其它專章論述。

關鍵詞：稻米、糧食作物、水-土-季節環境、生態遺傳歧異、氣候。

壹、前　　言

稻米是東方人的主食，中華文化精髓之一。但在供給世界人口熱量方面，則獨佔鰲頭。數據顯示：依總產量言，小麥、稻米、玉米依次分別為世界最主要穀類作物之前 3 位。若以每人每日攝取 3200 卡路里(calories)熱量為基準，一公頃(世界平均)稻可供養 5.63 人/年；而小麥與玉米則分別可供養 3.67 與 5.06 人/年。以蛋白質需求言，一公頃(世界平均)稻可供養 2132 人/天；另方面，小麥與燕麥(oats)則分別可供養 2090 與 2167 人/天(Lu and Chang, 1981)。而超過 90%稻米被種植暨被消費在人口佔世界總人口 60%的亞洲 (Luh and Chang, 1980; De Datta, 1981; Khush, 1997)，真可謂：亞洲稻米足，則世界稻米足；亞洲糧食足，則世界糧食生產過半已自給，稻米在世界穀物之重要性由此可見一般。

稻的栽培種(cultivated species)有亞洲地區的 *Oryza sativa* Linn(或稱亞洲種)，及非洲地區的 *Oryza glaberrima* Steud(或稱非洲種)等兩種。而 *Oryza sativa* Linn 則是世界栽培稻之最主要稻種，其又可細分為秈型(Indica)、稉型(Sinica or Japonica)及爪哇型(Javanica)等三型。而稻由於其長約 5000 年之漫長栽培歷史、歷經人類在多樣的水-土-季節環境(hydro-edaphic-seasonal regimes)下之選拔，再加上人類無遠弗屆之散播，稻之各類生態遺傳歧異(ecogenetic diversification)極其豐富，適應性極廣，從北緯 53^0 到南緯 40^0；從海平面到海拔 3000 公尺；從深水到旱地皆

可種植(Chang, 1976)。因此，作爲亞洲區人民主食的稻米，對供養持續穩定成長的世界人口，重要性與日俱增。亦即，企盼世界糧食明日要更充裕，稻米增產是可行的策略之一(Luh and Chang, 1980; Chang, 1985)。

稻各品種從發芽至成熟收穫所需之生育日數變異頗大，變域介於 100 至 210 天之間，一般約需 4-5 個月(Yoshida, 1981；Vergara, 1980)。在溫帶地區，從播種至收穫一般約需 130 至 150 天；而生育日數介於 150 至 210 天的稻品種通常爲感光性且被栽培於深水地區之品種；在熱帶地區，生育日數 120 天的品種則被認爲屬中熟品種。此即，稻之生育、栽培方式雖因地因時有所變異，而稻穀產量之豐歉經學者專家之研究論證認爲受：(1)人類可主導的因素如品種、栽培、管理、病蟲雜草控制等等；及(2)人類無法主導的因素如氣候因素等之綜合影響。而氣候是某一特定期間內之大氣環境狀態，因地因時而異，雨水、日射量、日長、溫度、相對濕度、風等是一般被認爲與作物生長有關之氣候因素。

本章由世界與臺灣稻米之產量變異、世界稻米生產區域歸納稻米生產與諸氣候狀態之關係。至於其他非生物性逆境則請參看本書其他章節之論述。

貳、世界稻米產銷概況

近年來由於耕種技術改進，病蟲害控制得宜及優秀改良品種育成，世界多數稻作國家大多由糧食不足等情況轉變成糧食勉可或已可自給自足或有餘糧可供輸出的國家。表 1 至 3 分別列出 1951 至 1990 年間世界稻米(本節內除特別說明外，均指糙米)產量、收穫面積及單位面積產量之變化。據表 1 就各洲稻米產量之分佈來看，稻作栽培雖遍佈世界各大洲，但，亞洲，稻之故鄉，一直是稻米之最主要產區。以 1990 年爲例，亞洲區之稻米產量高達世界稻穀產量之 92%，獨領風騷。其次爲美洲及非洲，兩洲產量總和約佔世界總產量 7%左右；而歐洲、大洋洲則產量極微，該兩洲之總產量僅約爲世界總產量之 0.6%而已；其次，再就四十年來世界稻米產量變遷而言，同表顯示，若以 1951 年之稻米產量爲基準時，則四十年來世界稻米產量之成長率爲 304%。其中，亞洲之成長率幾與世界同步，爲 302%；太洋洲、南美洲、中北美洲及非洲則高於世界，依次分別爲 903%、336%、331%及 331%；歐洲則低於世界稻米成長率，爲 163%。四十年來稻米產量之大幅成長，究係收穫面積之快速擴大？抑係單位面積產量之大幅提升？吾人可由表 2 收穫面積及表 3 單位面積產量之四十年來之變遷獲知端倪。首先，考慮近四十年來稻穀收穫面積之變遷，表 2 雖顯示太洋洲、南美及非洲等區域之收穫面積有相當之成長率，但因這些地區之稻穀收穫面積佔全世界收穫面積之比重不大，故整體而言，四十年來全世界稻穀收穫面積之成長率僅爲 140%，收穫面積之擴張與稻米產量之增加不成比例。因之，可推定全球稻穀收穫面積之增加應不是世界稻米產量大幅成長之主因。表 3 顯示世界稻米單位面積產量近四十年來大幅提高，由 1951 年之全球平均每公頃 1.64 噸，提升至 1990 年之 3.56 噸／公頃，成長率高達 217%。由知，四十年來世界稻米產量大幅成長之主要因素應屬單位面積產量之高幅成長；收穫面積增加之效應則較次。表 4 選列各洲若干國家稻米單位面積產量四十年來變遷(有興趣進一步瞭解者可參閱引用引用文獻：WORLD RICE STATISTICS, 1990, IRRI)。

綜覽表 4 可知，1991 年全球稻米單位面積產量最高的國家爲亞洲之北韓，達 8.21t ha^{-1}；最低者爲非洲之薩伊(Zaire)，僅 0.91t ha^{-1}。其他高產國家爲奧大利亞，平均 7.77 t ha^{-1}；埃及(6.43)；西班牙(6.35)；

Table 1. Rough rice production (1000 ton), by geographical region, 1951-1990[@]

Year	World	Asia	South America	N & C America	Africa	Europe	Oceania
1951	170532	158520	4246	2768	3218	1477	103
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
1952	183168	170719	4200	2872	3377	1715	83
1953	197906	184772	4388	3171	3450	1802	102
1954	194240	179870	4708	3637	3968	1732	103
1955	209786	195022	5057	3334	4253	1735	121
1956	219699	205477	4753	3163	4384	1560	113
1957	216542	201372	5498	2831	4943	1583	105
1958	224093	209608	5324	2898	4274	1649	126
1959	219896	203993	5565	3408	4858	1705	150
1960	218874	202021	6509	3532	4983	1485	158
1961	215813	198923	7136	3435	4318	1615	139
1962	226659	207518	7506	3973	5680	1552	158
1963	247119	227518	7534	4199	5834	1498	160
1964	262932	242052	8474	4263	5925	1586	162
1965	254303	232369	9865	4499	5495	1333	169
1966	261238	240221	8095	4932	5579	1501	198
1967	277766	253835	9212	5230	6697	1667	231
1968	289048	264245	8983	5936	7061	1517	242
1969	295603	270693	8983	5476	7206	1864	276
1970	316676	290304	10443	5263	7328	1787	271
1971	318108	292425	9364	5344	7413	1809	323
1972	308259	282568	9556	5297	7337	1586	268
1973	336405	308894	10260	5790	7406	1963	327
1974	333343	304007	10478	6893	7736	1886	429
1975	359124	326780	11929	7940	8184	1903	414
1976	350151	317438	13509	7076	8049	1635	443
1977	371805	339890	13229	6477	7962	1475	555
1978	387739	355541	11686	7942	8136	1807	515
1979	377372	343554	12269	8064	8350	2021	722
1980	399199	362269	14283	8747	8619	1845	646
1981	412012	374418	13380	10633	8559	1773	759
1982	423941	385230	15294	9200	8975	1886	885
1983	451490	418251	12425	6853	9079	1737	545
1984	469430	431903	14542	8678	8961	1967	664
1985	472118	433836	14308	8803	9525	2175	898
1986	471334	431978	15268	8390	10022	2300	743
1987	464420	424848	15848	8209	10017	2182	632
1988	492137	449252	17741	9509	9785	2211	773
1989	512727	469851	17077	9467	10705	2229	838
1990	518823	478573	14271	9174	10666	2408	930
	(304)	(302)	(336)	(331)	(331)	(163)	(903)

@: Adapted from World Rice Statistics 1990, IRRI.

Table 2. Harvested area of rough rice (1000 ha), by geographical region, 1951-1990[@]

Year	World	Asia	South America	N & C America	Africa	Europe	Oceania
1951	103725	96855	2444	1238	2683	340	30
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
1952	104958	98077	2395	1212	2736	375	29
1953	109025	101723	2614	1348	2792	382	29
1954	108841	101008	2971	1480	2813	403	30
1955	110868	103038	3106	1246	2904	402	30
1956	117322	109485	3113	1199	2984	362	30
1957	115497	107725	3085	1056	3036	347	34
1958	117017	109288	3119	1107	3015	350	33
1959	116325	108197	3316	1222	3093	368	33
1960	118483	110106	3668	1249	2987	344	33
1961	115484	106961	3911	1238	2894	330	32
1962	119561	110390	4174	1321	3209	314	34
1963	120218	110784	4484	1300	3151	317	35
1964	125206	114953	5090	1266	3335	336	35
1965	124996	114259	5593	1264	3299	331	34
1966	125860	115491	4990	1350	3413	332	35
1967	127712	116694	5234	1397	3722	345	39
1968	129450	117941	5272	1569	3852	364	41
1969	131375	119683	5540	1505	3882	392	45
1970	133130	120950	5961	1403	4016	397	52
1971	134802	122885	5681	1375	4134	396	52
1972	132583	120858	5412	1377	4064	399	50
1973	136863	124384	5737	1598	4226	402	54
1974	137156	124352	5745	1783	4307	397	77
1975	142202	128230	6489	2008	4514	374	87
1976	142536	127493	7761	1768	4530	374	86
1977	144312	129738	7208	1662	4660	395	104
1978	144001	129502	6871	1882	4665	397	103
1979	141285	126626	6761	1893	4889	383	123
1980	144414	128743	7528	2026	4952	368	129
1981	145274	129343	7498	2302	5034	347	116
1982	141919	126032	7511	2063	5163	362	140
1983	143213	129090	6393	1590	5060	340	89
1984	145294	130274	6820	1860	5137	383	132
1985	144318	129944	6194	1803	5177	393	136
1986	144809	129682	6929	1686	5355	420	121
1987	141754	125961	7485	1656	5478	417	110
1988	145913	129957	7499	1863	5373	430	120
1989	147459	132085	6833	1859	5497	415	113
1990	145861	131803	5717	1793	5352	455	131
	(140)	(136)	(240)	(145)	(199)	(134)	(437)

[@]: Adapted from World Rice Statistics 1990, IRRI.

Table 3. Rough rice yield (t ha^{-1}), by geographical region, 1951-1990[@]

Year	World	Asia	South America	N & C America	Africa	Europe	Oceania
1951	64	64	74	24	20	34	47
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
1952	1.75	1.74	1.75	2.37	1.23	4.57	2.90
1953	1.82	1.82	1.68	2.35	1.24	4.72	3.53
1954	1.78	1.78	1.58	2.46	1.41	4.29	3.44
1955	1.89	1.89	1.63	2.68	1.46	4.32	4.06
1956	1.87	1.88	1.53	2.64	1.47	4.31	3.73
1957	1.87	1.87	1.78	2.68	1.58	4.56	3.06
1958	1.92	1.92	1.71	2.62	1.42	4.72	3.81
1959	1.89	1.89	1.68	2.79	1.57	4.64	4.53
1960	1.85	1.83	1.78	2.83	1.67	4.31	4.82
1961	1.87	1.86	1.82	2.77	1.49	4.90	4.32
1962	1.90	1.88	1.80	3.01	1.77	4.94	4.71
1963	2.06	2.05	1.68	3.23	1.85	4.72	4.56
1964	2.10	2.11	1.66	3.37	1.78	4.73	4.65
1965	2.03	2.03	1.76	3.56	1.67	4.03	5.02
1966	2.08	2.08	1.62	3.65	1.63	4.53	5.64
1967	2.17	2.18	1.76	3.74	1.80	4.83	5.88
1968	2.23	2.24	1.67	3.78	1.83	4.17	5.89
1969	2.25	2.26	1.62	3.64	1.86	4.75	6.11
1970	2.38	2.40	1.75	3.75	1.82	4.50	5.18
1971	2.36	2.38	1.65	3.89	1.79	4.57	6.25
1972	2.33	2.34	1.77	3.85	1.81	3.97	5.33
1973	2.46	2348	1.79	3.62	1.75	4.88	6.07
1974	2.43	2.44	1.82	3.87	1.80	4.75	5.55
1975	2.53	2.55	1.84	3.95	1.81	5.08	4.76
1976	2.46	2.49	1.74	4.00	1.78	4.38	5.16
1977	2.58	2.62	1.84	3.90	1.71	3.74	5.35
1978	2.69	2.75	1.70	4.22	1.74	4.55	4.98
1979	2.67	2.71	1.81	4.26	1.71	5.27	5.87
1980	2.76	2.81	1.90	4.32	1.74	5.01	4.99
1981	2.84	2.89	1.78	4.62	1.70	5.11	6.52
1982	2.99	3.06	2.04	4.46	1.74	5.21	6.32
1983	3.15	3.24	1.94	4.31	1.79	5.10	6.14
1984	3.23	3.32	2.13	4.66	1.74	5.14	5.02
1985	3.27	3.34	2.31	4.88	1.84	5.54	6.60
1986	3.25	3.33	2.20	4.98	1.87	5.48	6.16
1987	3.28	3.37	2.12	4.96	1.83	5.24	5.76
1988	3.37	3.46	2.37	5.10	1.82	5.14	6.45
1989	3.48	3.56	2..50	5.09	1.95	5.35	7.40
1990	56	63	50	12	99	30	10
	(217)	(221)	(144)	(229)	(166)	(122)	(205)

[@]: Adapted from World Rice Statistics 1990, IRRI.

Table 4. Rough rice yield (t ha^{-1}), by country and geographical region, 1966-1990@

Year	Asia										South America			N&C America			Africa			Europe			Oceania
	Pakistan	China	Taiwan	India	Japan	Korea DPR	Korea REP	Philip-pines	Thailand	Turkey	Brazil	Colombia	Uruguay	Cuba	Mexico	USA	Egypt	Mada-gascar	Zaire	Italy	Portugal	Spain	Australia
1966	1.45	15	95	30	08	00	43	32	84	85	45	94	75	00	44	84	73	66	80	69	44	35	97
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
1967	1.58	3.10	4.02	1.55	5.75	4.20	4.06	1.38	1.75	3.89	1.58	2.28	3.40	1.62	2.48	5.09	5.04	1.74	0.80	5.18	4.53	6.12	7.18
1968	1.96	3.19	4.18	1.61	5.72	4.10	3.86	1.33	1.79	4.56	1.49	2.84	3.40	1.58	2.50	4.96	5.11	1.78	0.80	4.17	4.53	5.99	7.19
1969	2.22	3.15	3.87	1.61	5.65	3.96	4.66	1.71	1.85	3.74	1.38	2.77	3.92	1.75	2.58	4.84	5.10	1.88	0.80	5.10	4.68	6.45	7.57
1970	2.19	3.42	4.16	1.68	5.63	4.29	4.55	1.75	2.02	4.04	1.52	3.23	3.88	1.92	2.70	5.18	5.43	1.95	0.78	4.73	4.67	5.95	6.15
1971	2.33	3.32	4.02	1.71	5.24	4.46	4.67	1.60	1.94	4.49	1.38	3.57	3.89	2.10	2.40	5.29	5.30	1.90	0.74	5.10	3.83	5.91	7.37
1972	2.36	3.25	4.31	1.60	5.85	4.90	4.61	1.44	1.83	3.99	1.49	3.81	4.11	1.87	2.58	5.27	5.21	1.89	0.78	4.10	3.77	5.85	6.13
1973	2.44	3.49	4.10	1.73	6.02	5.07	4.95	1.66	1.92	4.45	1.49	4.04	3.96	1.49	3.00	4.79	5.43	1.82	0.77	5.41	4.28	6.29	6.85
1974	2.16	3.51	4.13	1.57	5.86	5.65	5.13	1.63	1.83	4.31	1.45	4.26	3.70	2.14	2.84	4.98	5.07	1.89	0.77	5.47	3.92	6.00	6.06
1975	2.30	3.58	4.13	1.86	6.19	5.95	5.32	1.75	1.83	4.57	1.47	4.25	3.95	2.51	2.79	5.11	5.48	1.83	0.78	5.70	4.39	6.10	5.13
1976	2.35	3.50	4.52	1.64	5.50	6.25	5.97	1.85	1.85	4.88	1.47	4.16	4.14	2.76	2.91	5.23	5.08	1.92	0.78	4.85	4.36	6.35	5.57
1977	2.33	3.64	4.46	1.96	6.17	6.98	6.79	2.00	1.59	4.75	1.50	4.16	4.02	3.00	3.14	4.95	5.20	1.76	0.77	3.67	2.77	5.58	5.76
1978	2.42	3.98	4.26	1.99	6.18	7.14	6.94	2.11	1.96	4.52	1.30	4.32	3.87	3.01	3.31	5.03	5.41	1.70	0.77	4.96	4.10	5.88	5.36
1979	2.37	4.25	4.45	1.61	5.99	7.30	6.39	2.15	1.82	5.00	1.39	4.25	4.13	2.88	3.27	5.15	5.72	1.76	0.80	6.03	4.19	6.22	6.28
1980	2.42	4.15	4.84	2.00	5.13	7.40	4.31	2.23	1.89	4.58	1.57	4.31	4.27	3.24	3.49	4.95	5.83	1.76	0.80	5.50	4.46	6.33	5.27
1981	2.60	4.33	4.63	1.96	5.63	7.66	5.84	2.36	1.95	4.54	1.35	4.28	5.31	3.19	3.58	5.40	5.57	1.70	0.82	5.29	4.44	6.43	7.00
1982	2.61	4.89	4.93	1.85	5.69	7.75	6.15	2.39	1.89	4.52	1.62	4.27	6.03	3.45	3.27	5.28	5.67	1.66	0.81	5.71	4.26	5.95	6.72
1983	2.51	5.09	5.01	2.18	5.70	7.85	6.19	2.50	2.04	4.50	1.52	4.26	4.61	3.47	3.12	5.15	5.77	1.81	0.85	5.60	4.12	5.49	6.74
1984	2.49	5.37	5.01	2.13	6.41	7.69	6.48	2.55	2.07	4.38	1.69	4.62	4.31	3.45	3.84	5.55	5.41	1.82	0.88	5.59	4.48	6.03	5.33
1985	2.35	5.25	5.05	2.33	6.22	7.79	6.35	2.67	2.06	4.52	1.90	4.70	4.95	3.29	3.73	6.07	5.95	1.84	0.89	6.05	4.84	6.20	7.08
1986	2.53	5.33	4.83	2.21	6.32	7.88	6.37	2.63	2.05	5.00	1.86	4.68	4.78	3.34	3.46	6.33	5.77	1.88	0.87	5.93	4.83	6.32	6.72
1987	2.48	5.41	5.06	2.20	6.19	7.97	6.02	2.62	2.02	5.19	1.74	4.27	4.23	2.75	3.82	6.23	5.52	1.89	0.87	5.61	4.48	6.33	6.27
1988	2.35	5.35	4.86	2.54	5.89	8.06	6.56	2.64	2.15	5.15	1.98	4.64	4.71	2.85	3.60	6.18	6.06	1.93	0.87	5.51	4.42	6.33	6.98
1989	2.29	5.50	4.81	2.56	6.17	8.21	6.52	2.78	2.08	5.00	2.10	4.38	5.64	3.20	3.42	6.44	6.49	2.08	0.91	6.05	4.46	5.78	8.30
1990	2.47	5.72	60	62	97	21	08	72	00	50	99	13	70	13	38	16	43	09	91	71	58	35	77
	(170)	(182)	(116)	(202)	(118)	(205)	(137)	(206)	(109)	(142)	(137)	(212)	(171)	(157)	(139)	(127)	(140)	(126)	(114)	(122)	(103)	(100)	(111)

@: Adapted from World Rice Statistics 1990, IRRI.

美國(6.16)；南韓(6.08)；日本(5.97)；意大利(5.71)；中國大陸(5.72)；土耳其(5.50)。意外的是世界上最大的稻米輸出國，泰國之單位公頃產量僅爲 2.00 ton ha^{-1}。世界上價格最俏稻米 Basmati 的故鄉，巴基斯坦，之公頃產量也僅達 2.47t ha^{-1}，而臺灣在此項統計上的單位面積產量則爲 4.60 t ha^{-1} (與下節臺灣之統計資料有少許落差)。詳細研究該項被統計國家之地理分布發現，除了埃及(緯度與臺灣相近)、南美洲各國外，凡緯度在南緯 30-40 及北緯 30-45 間之地區稻穀單位面積有較高之傾向。此即，稻雖爲熱帶及亞熱帶之作物，但最高產的地區則在溫帶(De Datta, 1981)。

表 5 爲 1970 年以來世界白米出口消長之情形。1970 年世界稻米總生產量爲 316,676,000 噸(表 1)，白米出口量爲 8,397,000 噸，白米出口量佔稻米總生產量之 3.8%(爲簡便計，總稻米產量換算成白米之係數以 0.7 計算)；而 1989 年之稻米世界年產量爲 512,727,000 噸(表 1)，白米出口量爲 14,897,000 噸，此即 1989 年之白米出口量佔總生產量之 4.2%。如此，由 1970 年至 1989 年間，世界白米出口量之成長率雖高達 177%，但各該年度之白米出口量佔各該年度稻米生產量比例之變化卻不大，顯示國際稻米市場之需求量似十分穩定且市場十分狹小。

就洲別言，亞洲是世界稻米之主要產區(表 1)，同時也是世界上最主要之白米輸出地區(表 5)，以 1989 年言，亞洲白米輸出量佔全球白米輸出量之 66.1%；其次爲中北美，佔 20.6%；再次爲歐洲佔 7.2%。其餘各洲白米出口量均少，計南美佔 3.2% ；大洋洲佔.3% ；非洲 0.2%。泰國爲世界上最主要的白米輸出國，以 1989 年爲例，其輸出量約佔世界白米輸出量之 42.3%(佔亞洲輸出量之 64.1%)；美國爲世界第二大的主要白米輸出國，其 1989 年之出口量佔全球總重之 20.5%(佔中北美洲輸出量之 99.9%)。其餘，亞洲地區之主要白米輸出國爲巴基斯坦；而越南在 1988 年以前之輸出口雖不多，但 1989 年之出口量則高達 1,383,000 噸，佔 1989 年全球白米輸出量之 9.2%；佔亞洲地區之 14.0%。臺灣則年年有餘糧供外銷。南美洲地區之主要白米輸出國爲烏拉圭，佔南美白米輸出量之 56.4%。歐洲之主要白米出口國家爲意大利，佔歐洲白米輸出量之 48.3%，而西班牙及比利時亦有相當量之白米輸出。大洋洲之白米輸出則由澳大利亞包辦。

比較表 6 所列亞洲各國零售米價可知，除日本、南韓及臺灣外，其他亞洲諸國之零售米價大致與世界米價(約 300-350 美元/噸)相去不遠，顯示這些國家之米價大致能與世界米價相呼應。特例之三國中，零售米價最貴的是日本，以 1989 年爲例，高達 3465 美元/噸，約爲世界米價之 11 倍；其次爲韓國，其 1989 年零售米價亦達 1775 美元/噸，約爲是年度日本零售米價之一半，國際米價之 5.5 倍；敬陪末座之臺灣的 1988 年零米價也達 959 美元/噸，其價格約爲 1988 年日本零售米價之四分之一，韓國之五分之三；國際米價之三倍。由以上特例三國零售米價之概略探討可知，美國及其他各國米商之垂涎日本、韓國及臺灣等稻米市場，其來確有自。(註：爲求簡便，本節之各項比較往往以某兩特定年度爲例，並未作進一步之分析舉證，論說其實並不嚴謹與周延，敬請學者專家諒察)。

參、臺灣稻米生產概況

稻作是臺灣過去暨可預見未來最重要之農業產業之一。而，臺灣稻作之起源，依已發現各種史前出土遺物考証，應可追溯到三、四千年前，但卻遲至十七世紀初業始有文獻可考。據「閩海贈言」書中"東番記"一文記載："東番夷人不知所自

Table 5.Export of milled rice (1000 ton), by country and geographical region, 1970-1989@

Year	World	Asia	China	Taiwan	India	Japan	Korea DPR	Pakistan	Thailand	South America	Brazil	Colombia	Uraguay	N.& C America	USA	Africa	Egypt	Europe	France	Italy	Spain	Oceania	Aus-tralia
1970	8397	4847	1695	5	27	597	89	230	1064	376	95	5	37	1766	1741	745	654	508	19	345	70	121	121
1971	8664	5504	1508	38	16	912	103	182	1591	419	149	*	89	1490	1479	574	515	559	10	434	41	103	102
1972	8578	5051	1526	16	15	183	100	198	2113	171	2	2	44	2057	2037	509	456	522	5	363	56	181	181
1973	8437	5496	2639	49	18	540	102	789	849	305	33	20	63	1655	1630	348	298	393	3	228	48	159	158
1974	8298	5165	2539	5	41	309	266	597	1046	328	57	1	58	1745	1726	169	136	607	3	450	45	138	137
1975	7718	4223	1974	*	18	11	328	478	951	425	3	71	99	2144	2139	122	104	614	3	439	49	174	174
1976	8911	5120	1441•	*	38	*	93	795	1964	519	76	78	108	2117	2107	267	211	660	4	389	9	218	218
1977	10824	6291	1183	150	19	19	270	960	2932	928	109	78	122	2329	2288	270	223	739	65	303	82	257	255
1978	9559	5287	1673	238	144	82	412	777	1607	594	180	*	100	2386	2279	159	145	839	56	439	49	279	277
1979	11634	7520	1462	409	333	603	234	1015	2797	496	-	30	167	2368	2301	108	95	877	35	525	55	244	241
1980	12956	7818	1377	262	483	689	227	1087	2797	487	1	41	142	3093	3054	121	98	959	15	577	58	461	457
1981	13061	7903	685	92	964	855	264	1244	3027	559	50	23	224	3179	3133	112	93	1008	4	579	78	284	281
1982	12047	7393	776	307	537	318	210	951	3783	491	12	-	246	2559	2540	37	23	941	7	532	62	598	596
1983	11502	7192	1113	533	230	329	120	905	3476	474	8	7	196	2423	2385	28	29	956	73	547	33	406	405
1984	12872	8815	1370	210	198	107	150	1265	4616	467	1	37	152	2204	2141	92	71	996	78	536	46	246	246
1985	11408	7297	1046	40	315	*	200	719	4062	558	4	33	242	1940	1940	31	16	1216	18	727	112	432	341
1986	13019	8546	1123	173	253	*	200	1316	4524	547	4	3	282	2415	2392	52	40	1206	51	676	72	178	178
1987	12946	8471	1262	240	350	*	225	1270	4443	479	4	*	212	2475	2472	105	101	1159	27	610	171	186	186
1988	12185	8099	802	104	350	*	200	1210	5267	467	26	*	273	2261	2260	87	71	950	31	510	119	298	297
1989	14897	9853	384	68	300	*	50	854	6311	472	10	34	266	3063	3061	42	33	1066	58	515	180	339	339

@: Adapted from World Rice Statistics 1990, IRRI.

*=less than 500ton

Table 6. Retail price (US $ ton^{-1}) of milled rice, selected Asian countries, 1970-1989@

Year	Bangladesh	India	Indonesia	Japan	Korea Rep.	Malaysia	Myanmar	Nepal	Pakistan*	Philippines	Sri Lanka	Taiwan	Thailand
1970	268	167	119	519	251	182	64	233	-	135	320	183	93
1971	198	169	102	540	267	186	9	221	210	168	312	190	104
1972	316	185	111	633	343	199	123	219	166	172	357	203	175
1973	436	221	172	762	340	284	254	251	205	223	462	239	198
1974	826	275	182	794	386	384	258	283	228	292	752	448	211
1975	361	258	225	1007	523	386	184	311	244	262	513	474	221
1076	245	193	262	1153	627	364	172	242	301	273	392	471	226
1977	306	210	278	1411	669	374	165	251	356	284	358	426	254
1978	335	214	271	1915	708	415	243	280	404	285	225	451	271
1979	442	226	214	1862	906	443	177	288	373	320	246	544	284
1980	400	273	297	1827	945	446	249	318	411	317	285	656	381
1981	421	262	336	1928	1191	430	177	319	505	337	325	674	362
1982	380	264	343	1766	1215	432	157	380	462	344	315	705	334
1083	359	-	289	1886	1115	431	186	403	416	276	309	636	318
1984	390	-	281	1954	1073	427	218	321	374	283	323	682	308
1985	345	-	256	2008	1067	403	238	296	358	345	310	603	261
1986	378	269	251	2865	997	388	289	309	354	290	295	659	270
1987	405	281	219	3339	1268	397	321	321	333	291	300	769	274
1988	403	296	287	3722	1561	382	-	328	-	313	-	959	339
1989	-	249	-	3465	1775	369	-	-	-	352	-	-	-

@: Adapted from World Rice Statistics 1990, IRRI.

*=Basmati milled rice

始...。無水田，治畬種禾，山花開則耕；禾熟，拔其穗，粒長比中華稍長，且甘香..."(西元 1602 年，明萬曆三十年)。可見，在西元 1602 年代臺灣先住民稻作栽培尚處於極原始之狀態(吳，1993)。此後，歷經：荷人治臺之招募大陸漢人農業移民及積極獎勵種植蔗、稻；明鄭以降大量漢人移居臺灣之陸續攜入稻種；大和民族據臺之有計畫引種暨改良；中華民國政府遷臺為供應軍胥民食就稻作產業之一番作為，臺灣之稻作於焉燦然。

臺灣地區栽培之稻種屬栽培稻的亞洲種(*Oryza sativa* Linn)。在日本人據臺之前，臺灣栽種之稻大致有兩個系統：即前已述及的先住民所耕種之陸稻(後魏農書「齊民要術」謂旱稻)和漢人移民所攜來之所謂臺灣在來稻(或稱本地種、土種，絕大部份屬秈稻)。而這些先住民耕稼之陸稻常植株高大，穗長而重(可能屬爪哇型？目前分別被稱為臺灣山地陸稻及陸糯稻)，相信是先住民自南太平洋諸島移來時，為因應主食暨釀酒之需而攜入。至於臺灣在來稻品種，概由漢人引入，而絕大部份是自明鄭時期暨後來，隨大量漢人移民之入臺，陸續由大陸閩粵各地所帶來。其種類甚為繁雜，個別品種栽培面積概不廣，且品質粗劣。日本人據臺後，由於食味關係，乃於日軍佔領臺北城後五年(西元 1899 年)開始引進日本稻品種(在臺刊行之日本文獻稱內地種)(繆，1947)，此為臺灣地區稻種原多樣化奠立初基。及至中華民國播遷來臺，國際種子(苗)交換中心、國家作物種原中心相繼成立，臺灣地區稻種原益趨多元。

截至目前為止，臺灣地區曾經栽培暨擁有之稻種原種類繁多，正如我國古藥書「本草綱目」所記載"其穀有光、芒、長、短、大、細，其米有赤、白、烏、堅、鬆、香、否"等。亦即，臺灣地區栽培稻之種原若依米粒之糯性，可被區分為糯米及一般米等兩類；而若依米粒之型態，則可分成長粒米、中粒米與短粒米等三類；而若依類緣與源起之差異則有印度型(或秈型)稻、中國型(或日本型、或稉型)稻及爪哇型稻等三型稻種原；若依對水份之需求亦有水稻及陸稻之分。至於臺灣地區習稱之"蓬萊米"與"在來米"，乃係日人據臺後，由於食味的關係，積極引入日本稻試栽，歷經失敗，終而建立日本稻在臺灣的生產制度，從而確立臺灣之"蓬萊稻"產業。而此習稱之"蓬萊稻" 一詞，即係民國 15 年 5 月 5 日在臺北鐵路旅館召開的"日本米穀會議第 19 次大會" 中，為區別日本本土之日本稻與在臺灣栽培或選育出之日本稻，由當時總督伊澤多喜男從日籍稻作專家"蓬萊米之父" 磯永吉博士所建議的"蓬萊米"、"新臺米"及"新高米"等三用詞中所選出(磯，1944)。其後，凡在臺灣栽培或育成之日本稻均被稱為"蓬萊米" (蓬萊兩字推測係取自臺灣別稱--"蓬萊仙島"之意蘊；又，按磯永吉博士原文，"在來米"及"蓬萊米"兩詞之第二個字分別為"來"與"萊"，請注意其差異避免誤用，著者註)。

臺灣稻有系統之改良是於西元 1895 年中(清)日甲午戰爭，臺灣依馬關條約割讓給日本後才啓其端。而日人對臺灣稻米之改良工作，則於日軍佔領臺北城後五年(西元 1899 年)開始引進日本稻品種進行馴化試驗為開端；而對於臺灣在來稻(或稱本地種、土種)的改良工作，則於佔領臺灣後大約十年，即於西元 1906 年才開始進行臺灣在來稻品種之整理；至於原住民栽植之陸稻，迄未加改良。民國 34 年臺灣光復，光復初期，百廢待舉，經濟建設方針是以農業培養工業，稻作增產乃成為農業發展中紮根之基本工作，在當時決策領導單位之大力推動、稻作工作同仁之奮力不懈之下，臺灣水稻品種年年推陳出新、稻作栽培技術屢屢創新改進，稻米歲歲連登豐收。唯，此期間之改良重點概僅注重稻穀產量之提高。而時推世移，隨著經濟之快速發展，國民所得之迭有增加，

臺灣之稻米消費已不再是往昔的"吃得飽"，而是"吃得巧"、"吃得好"。而爲因應稻米消費由"量"的時代轉變成"質"的時代之須求，稻米品質改進之有關各項工作已成爲農林廳所屬各農業試驗場所最重要之工作目標之一。民國 70 年以來，在農委會與農林廳積極規畫與輔助下，各農業試驗場所及糧食局有關稻米品質改進各項工作次第展開，幾年來，省產稻米品質已大見改善。

表 7 爲臺灣自西元 1938 年至 1998 年稻作栽培面積、單位面積產量及稻米(糙米)總產量之變遷情形。由表 7 知，臺灣稻作栽培面積之高峰在臺灣光復後至 1979 年間，面積均約在 70 至 80 萬公頃之間。自 1980 年以後則年年遞降，至 1998 年僅存約 36 萬公頃，約爲稻作栽培高峰之一半，這代表臺灣在近半個多世紀來之經濟、政治、社會諸種層面之轉型，深具歷史意義。表 7 同時顯示，二期稻作之栽培面積向比一期作多，直至 1986 年起情況改變，呈：一期稻作之栽培面積比二期作多。至於單位面積產量方面，多年來一直是：一期作較二期作高產，而年平均單位面積產量均較國際稻米研就究所之數據低(表 3)。表 8 爲 1997 年各縣市一、二期作之稻作栽培面積，由表知，稻作面積最多的縣份爲雲林縣，桃園縣、臺中縣、彰化縣、嘉義縣及臺南縣爲栽培面積較多之縣市，而基隆市之稻作面積僅約 1 公頃，幾無稻田存在。

肆、稻米生產之氣候環境

所謂氣候(climate)是某一段特定期間內之大氣狀態，而天氣(weather)是某特定時間之大氣狀態，兩者之差異在時程之相對長短。此即，時程相對長者爲氣候；相對短者爲天氣。惟，不論氣候或天氣，人類只能預測，無法主導，且因地因期而異。雨水、日射量、日長、溫度、相對濕度、風等是一般被認爲與作物生長有關之氣候因素，茲通論式簡述稻作生產與各該氣候因素之關係如下，至於各因素對稻生育之生理作用與機制之深入論述，請詳本書以後相關各章。

一、雨水(rainfall)

植物必需有相當之水份，始能發芽生長。水對稻各生育期之生長更有不同的意義。水稻一生幾乎全期生長在田面湛水(flooding)之狀態下；陸稻則與水稻完全相反之，田面無水貯留，全賴雨水爲惟一之水份來源(De Datta, 1981)；深水稻及浮稻之主要生育期恰逢洪水期(flooding period)，此期間之雨量往往超過 1.1m(Catling *et al*., 1988)。由於稻栽培之水份條件與來源有如此之變異，且就大多數稻生產區而言，雨水爲最主要之水份來源，因之 De Datta(1981)指出：稻之栽培往往依水供應之來源而被分成看天(rainfed)與灌溉(irrigated)栽培等兩大類。而看天栽培又可進一步區分成：看天水稻(rainfall lowland rice)、深水稻(deepwater rice)、浮稻(floating rice)及陸稻(upland rice)等四種主要之栽培體系。當然兩類栽培系統間之區分並不是絕對，但一般認爲灌溉栽培之水資源來源通常來自貯存水，並經藉充分之水利設施與機具行水分之灌溉與調控(當然並不排除雨水)。而看天栽培則雨水是惟一之水來源，在此體系下，稻之栽培要能與雨季配合得宜，農民才得勞而有穫焉(De Datta, 1981)。

所有稻品種生育均嗜湛水，適時適量之灌溉可穫豐產。除幼秧生長期外，稻之營養生長期、生殖生長期及穀粒充實期均須合宜之湛水，因之除了貯水與水利設施完善地區外，稻通常被種植在雨季，尤以未開發或開發中國家爲然，因此年雨量及雨量分布是關係稻栽培之極重要因素。一般公認水稻生長之最適區域年雨量需在 1000mm 以上，而在雨量不足區域，若有

Table 7a.Rough rice production in Taiwan, 1938-1998

Year	Harvested area (ha)			Rice yield (ton ha^{-1})			Rice production (ton)		
	total	1st crop	2nd crop	Mean	1st crop	2nd crop	total	1st crop	2nd crop
1938	625398	282462	342936	2263	2471	2054	1402414	697934	704480
1939	626126	267203	358923	2097	2155	2038	1307391	575877	731514
1940	638622	277811	360811	1814	2171	1456	1128784	603378	525406
1941	656927	292640	364287	1870	2042	1697	1281016	679652	601364
1942	616529	267800	348729	1917	2048	1786	1171182	548404	622778
1943	610051	271838	338213	1862	2010	1713	1125804	546350	579454
1944	580688	269330	311358	1804	2062	1547	1068121	555347	512774
1945	502018	231897	270121	1287	1475	1099	638832	342014	296818
1946	564016	204545	359471	1647	1872	1422	994021	382917	611104
1947	677557	287395	390162	1496	1640	1352	945012	417419	527593
1948	717744	311598	406146	1504	1649	1365	1068421	513880	554541
1949	747675	320152	427523	1647	1804	1490	1214523	577487	637036
1950	770262	336957	433305	1864	2012	1716	1421486	678004	743482
1951	789075	346518	442557	1902	2067	1736	1484792	716326	768466
1952	785729	348718	437011	2016	2172	1860	1570115	757289	812826
1953	778384	344264	434120	2113	2150	2076	1641557	740124	901433
1954	776660	535636	423024	2212	2365	2060	1695107	386452	858655
1955	750739	306185	444554	2176	2323	2033	1641953	711305	903648
1956	783629	339395	444234	2330	2672	1988	1789829	906724	833105
1957	783267	346454	436813	2383	2689	2077	1839009	931699	907310
1958	778189	344032	434157	2463	2715	2211	1894127	934027	960100
1959	776050	341432	344618	2426	2725	2131	1856316	930233	926083
1960	773983	339047	434936	2521	2719	2324	1912018	901393	1010625
1961	774936	331473	443463	2614	2896	2332	2016276	981966	1034310
1962	794228	343215	451013	2710	3081	2340	2112874	1057416	1055458
1963	749220	315019	434201	2871	3226	2516	2109037	1016395	1092642
1964	764935	332178	432757	2981	3317	2645	2246639	1101967	1144672
1965	761918	318683	443235	3086	3418	2755	2348041	1127041	1221000
1966	788635	339745	448890	3045	3248	2843	2379661	1103426	1276235
1967	787097	337376	449721	3110	3416	2804	2413790	1152556	1261234
1968	790186	340069	449817	3235	3583	2886	2518103	1220141	1297949
1969	786592	341877	444715	2530	2625	2434	2321633	1239141	1082492
1970	776139	341225	434914	3218	3715	2720	2462643	1279891	1182752

Table 7b.Rough rice production in Taiwan, 1938-1998

Year	Harvested area (ha)			Rice yield (ton ha^{-1})			Rice production (ton)		
	total	1st crop	2nd crop	Mean	1st crop	2nd crop	total	1st crop	2nd crop
1971	756451	336621	419830	3143	3773	2513	2131802	1258675	1055127
1972	741570	329610	411960	3330	3680	2980	2440329	1212801	1227528
1973	661164	321331	339833	3146	3460	2832	2254730	1122289	1132441
1974	777849	345275	432574	3212	3738	2686	2452417	1290707	1161710
1975	790248	358087	432161	3232	3694	277	2494183	1332602	1171581
1976	787516	361605	425911	3484	3895	3072	2712984	1407624	1305360
1977	779487	358723	420764	3440	3863	3017	2608870	1382400	1226470
1978	752791	352133	400658	3285	3851	2720	2444490	1356125	1088365
1979	722171	338889	383282	3421	3768	3073	2449817	1276539	1173278
1980	658445	327520	330925	3680	4133	3227	2353090	1352878	1000172
1981	668825	319099	349726	3575	3900	3250	2375096	1241951	1131145
1982	660292	316516	343776	3775	4001	3548	2442602	1226258	1216344
1983	645855	324449	321406	3845	4167	3531	2485197	1350396	1134801
1984	595920	285903	310017	3738	4073	3402	2843311	1163712	1709599
1985	564392	277533	286859	3861	4201	3521	2170536	1162778	1007758
1986	537723	268872	268851	3706	4351	3061	1973823	1169536	804287
1987	502081	255356	246725	3782	4202	3362	1900475	1072813	827662
1988	474460	240828	230632	3904	4467	3341	1844785	1075134	769651
1989	476552	243215	233337	3902	4566	3247	1864590	1110037	754553
1990	455418	242423	212995	3947	4389	3506	1797596	1063499	734097
1991	428938	227517	201421	4191	5016	3367	1818732	1140749	677983
1992	397252	209476	187776	4064	4698	3430	1627854	984158	643696
1993	391460	212088	179372	4628	4947	4310	1819775	1047762	772013
1994	366340	196331	170009	4546	5129	3963	1678776	1006962	671814
1995	363499	197591	165908	4605	5002	4209	1686536	988167	698368
1996	350957	182897	168060	4584	4973	4196	1613991	909188	704803
1997	369798	202039	167768	4541	5020	4062	1695404	1014078	681326
1998	367083	202829	164254	4290	4707	3873	1537000	915000	622000

source: Department of Agriculture and Forestry, Taiwan Provincial Government

Table 8. Harvested area of rough rice (ha) in Taiwan, by region, 1997.

Region	Sinica common rice			Indica common rice			Sinica waxy rice			Indica waxy rice		
	Total	1st crop	2nd crop	Total	1st crop	2nd crop	Total	1st crop	2nd crop	Total	1st crop	2nd crop
Taipei hsien	1051	924	127	6	6	-	11	11	-	-	-	-
Ilanhsien	11892	11206	686	895	882	13	191	169	22	53	53	-
Keelung	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taoyuan hsien	35331	17943	17388	219	209	10	234	115	119	-	-	-
Hsinchu hsien	9687	7707	1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hsinchu	3309	1680	1629	-	-	-	15	8	7	-	-	-
Miaoli hsien	19354	9690	9745	315	240	75	138	91	47	-	-	-
Taichung hsien	33700	17000	16700	705	379	326	257	137	120	19	13	6
Taichung	3024	1540	1484	-	-	-	27	9	18	-	-	-
Mantu hsien	5860	3123	2737	266	205	61	95	48	47	12	6	6
Changhua hsien	38177	19717	18460	18911	9528	9383	827	430	397	4847	2556	2291
Yunlin hsien	46546	26705	19841	3067	2208	859	2232	1001	1231	1468	994	474
Chiayi hsien	34879	18066	16813	1840	1058	782	479	245	234	51	46	5
Chaiyi	1164	610	554	528	278	250	42	19	23	-	-	-
Taiana hsien	28460	17093	11367	3927	2450	1477	1023	556	467	1458	1092	366
Tainan	667	72	595	343	15	328	45	3	42	49	8	41
Kaohsiung hsien	10606	6137	4469	342	134	208	24	3	21	447	207	240
Pingtung hsien	9807	4835	4972	238	232	6	84	34	50	339	216	123
Taitung hsien	12351	6079	6272	53	8	45	515	301	214	-	-	-
Hualian Hsien	13995	6943	7052	220	109	111	494	244	250	9	9	-
Total	319861	176990	142871	31875	17941	13934	6733	3424	3309	8752	5200	3552

source: Department of Agriculture and Forestry, Taiwan Provincial Government

充分水份灌溉，也會有豐碩之收成，否則，產量通常趨低(汪，1966)。盧(1965)則稱：降雨氣溫下降、日照不足；而旱年夏季之氣溫與日射量概比平年高且多，如灌溉無礙，旱年自是豐收。因此在水利設施發達地區，稻作生產受多雨之害較受乾旱之害更顯著。

在看天水稻栽培體系下，理想的雨季模式是：能在整地、移植或播種(直播栽培)適時提供充沛之雨量；營養生長期雨量稍緩但能充分滿足蒸發 (evaporation)、蒸散 (transpiration)、滲透(percolation)及流失(runoff)之須；生殖生長與穀粒充實期之長期陰雨將導之低日照與低溫，既不利稻株正常之授粉於先，更不利此期間之光合作用與緊接而來穀粒充實。而深水稻與浮稻在生育初期之浸泡忍受性(tolerance of submergence)與伸長能力(ability of elongation)通常極差，豪雨導至之深水期提前到達時，將使深水稻與浮稻歉收。

陸稻栽培受雨量與分布之影響與水稻大大不同。孟加拉與印度若干地區之陸稻通長種在雨勢滂沱(heavy rainfall)之區，而印度的其他陸稻區如 Madhya Pradesh 則雨量極少。緬甸地區雨季在 5 月至 11 月之間，雨量則低時約 500 mm，高時可達 2000 mm。西非之陸稻區雨開始期變異極大，介於 3 月至 7 月間。雨季極短的區域雨季集中成單峰狀(unimodal)，雨季長的區域在 7-8 月間中斷而成雙峰(biomodal)。

整體言，多數稻生產區，一年通常可被明確地分成之乾(dry)與濕(wet)等兩季，乾季稻作所接受之之雨量通常不足而需由灌溉補充，但灌溉設施缺乏地區，稻之栽培往往需配合雨季，因此配合各型雨量分佈之不同成熟期稻品種與相關耕種制度之開發是極重要之稻作生產策略。更就大多數開發中及未開發中稻生產區而言，雨水為最主要之水份來源，且稻本身僅能利用彼生育期間所降下之雨水，而無法將年雨量作全部之利用，因之，僅約年雨量之 70-90%與稻作之生產有關，而雨的強度與分佈、土壤之保水性、種種田間流失及貯水措施(water conserving cultural practices)均影響雨水之利用效率(Mikkelsen and De Datta, 1991)，進而影響稻作豐歉，影響國計民生。而稻由野生種進化為糧食作物之過程基本上與雨水的量與分布有極其密切之關係，因之，Huke(1976)按雨水的量與分布將亞洲之稻栽培分成四個明確的區域(圖一)，此區分在稻作生產與野生種進化、雨量等關係方面確深具意義，四區特徵如下：

1. 稻之原生區(home area of rice)：該區並不是最適宜稻生長之地區，但在栽植一期作之情況下風險甚低。
2. 稻主要產區：平均年雨量為該區之界限，且雨季始期、雨量及分佈變異極大。如此，若能有適時之灌溉，本區豐產可期。
3. 稻次要產區：本區為一廣而零散分布之稻生產區，經藉完善之灌溉設施，可獲得穩定之稻穀收量。
4. 非商業生產區：本區稻之生產不具重要性。

二、日射量(solar radiation)

日光為作物光合作用(photosynthesis)之主要能量來源。作物接收日光的量與日射量強度、日長、雲量、雨及作物本身互相遮蔽等等有關。日射量強度及日長與地理位置及季節變化有關，但也受雲量左右。作物之株型及葉的排列是作物關係光能吸收之重要生物因素。雲則遮蔽日光大大減少光能之吸收期間，尤於雨季為甚。雨季則日射量大減，故熱帶看天稻田於豪雨期間日射量往往趨低。至於作物本身互相遮蔽的影響在熱帶地區尤期顯著，此因熱帶地區日照時數相對較短且中午強日射量之期間也相對短暫(Mikkeisen and De Datta, 1991)。

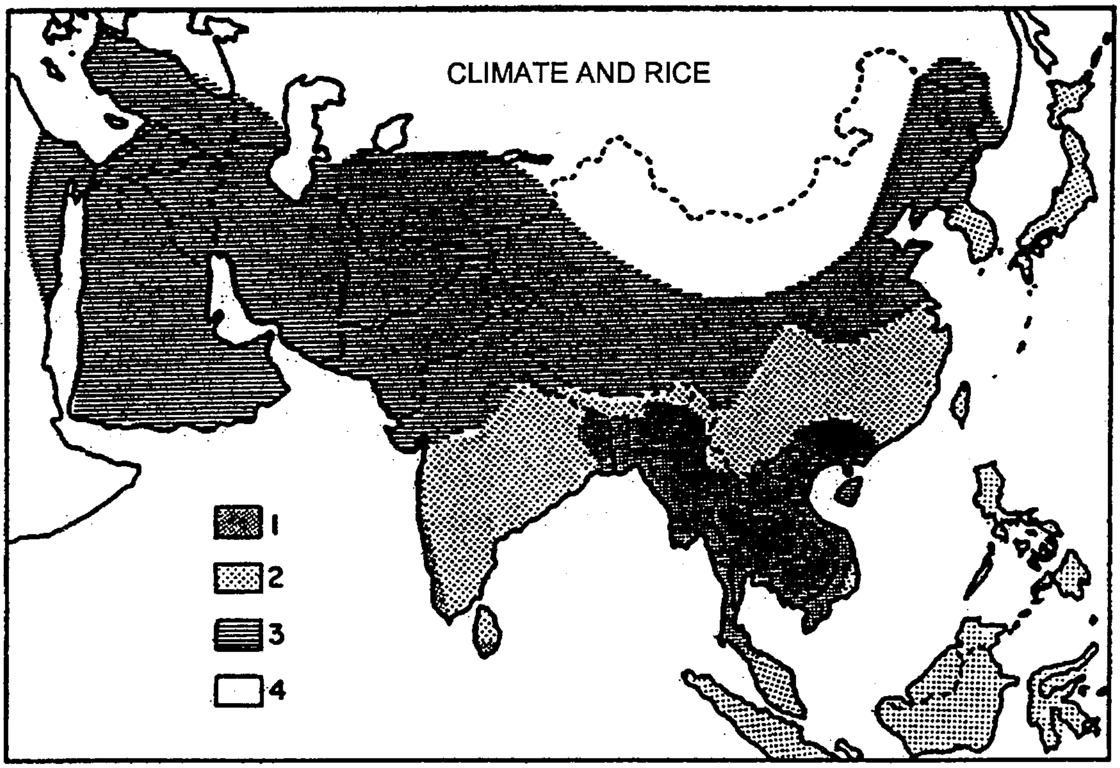

Fig. 1. Climate and rice. 1. Home areas of rice where the crop may be raised year after year with no climate modification by man. 2. Important rice-producing areas where at least one parameter of climate is frequently less than the ideal for successful crops. 3.Areas where rice production is widely scattered and where climate must be modified to produce a crop. 4.Areas with no important production of rice.(Adapted from De Datta, 1981).

據 De Datta(1981)之綜論：熱帶季風地區(monsoonal tropics)作物成熟期間，日平均日射量強度爲 1463 joule cm^{-2} day^{-1} (因應日射量單位已改成焦耳，本節數據係以 1 calories = 4.18 joule 換算所得)，與亞洲溫帶地區如日本、韓國等地相近。溫帶亞洲國家稻生育期間之日射量與潮濕熱帶地區雨季者類似，爲 1672 joule $cm^{-2}\cdot day^{-1}$，但因爲溫帶亞洲地區在稻主要生育期之日照時間較熱帶地區相對較長，所以在熱帶乾季之稻作所接收單位小時之日射量較溫帶稻生產區者爲高。地中海國家、美國及南澳個各國種稻區域的日射量一般較亞洲溫帶及熱帶季風區之平均日射量高約 4180 joule $cm^{-2}\cdot day^{-1}$。事實上，南澳稻穀成熟期之日射量約爲 2506 joule $cm^{-2}\cdot day^{-1}$;美國及葡萄牙之日射量紀錄至少爲 2926 joule $cm^{-2}\cdot day^{-1}$，圖二爲若干種稻地區日射量變化之紀錄。

Yoshida(1981)指出稻株各個生育期之日射量需求不同，營養生長期(vegetative growth stage)間遮光對產量構成要素與產量之影響甚微；生殖生長期(reproductive stage)間遮光則對一穗穎花數有極大之影

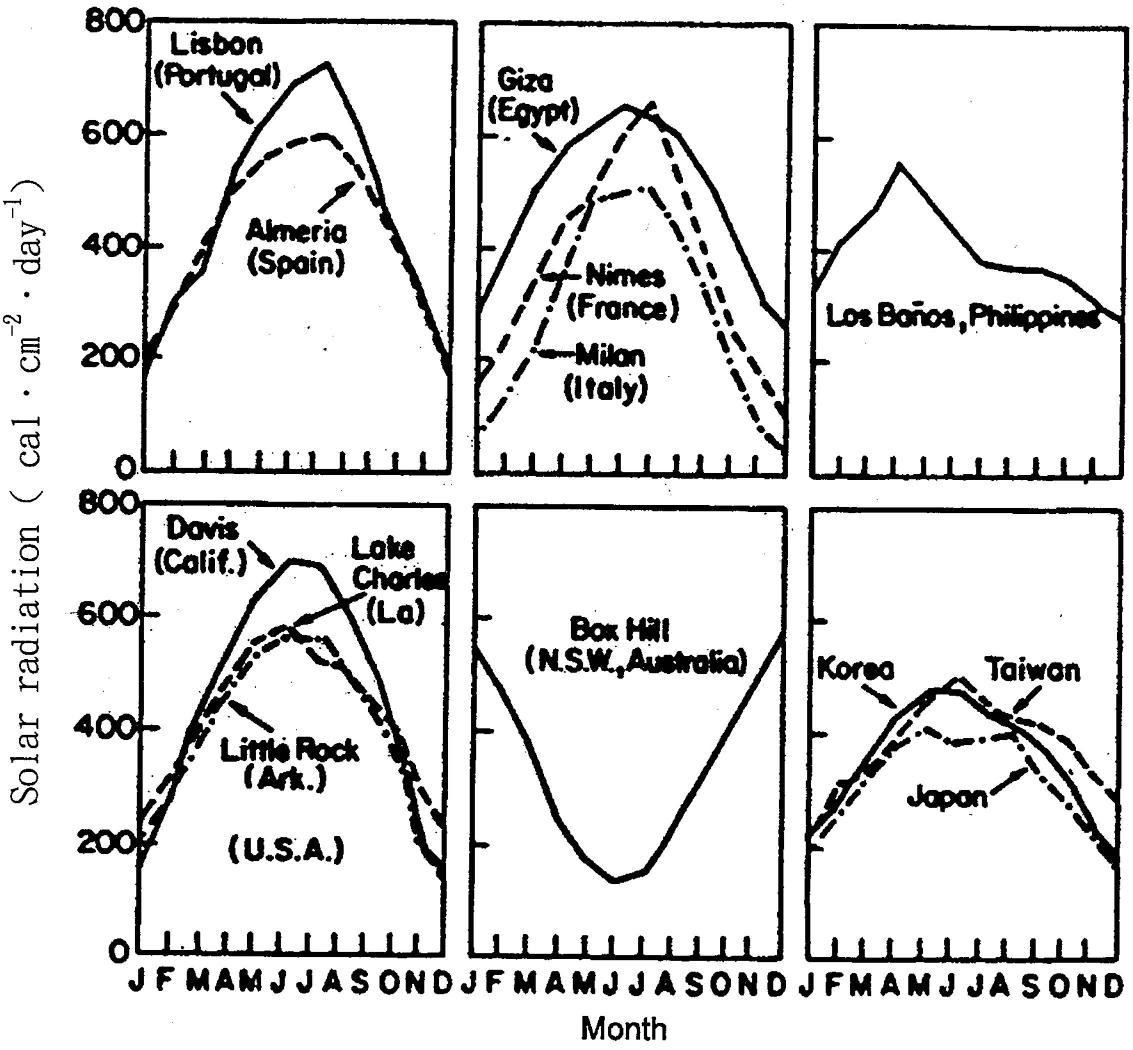

Fig. 2.Average daily solar radiation values by month in some rice-growing areas in temperate countries and in Los Banos Phillipines, in the tropics.(Adapted from De Datta, 1981).

響；穀粒成熟期(ripening stage)間遮光則因結實率低降而導至減產。亦即，生殖生長期之日射量對稻穀產量之影響最著；其次爲穀粒成熟期；而以營養生長期之影響最小。而汪(1966)認爲：日射量與日照時數(與日長有某種模糊空間)是稻作生產極重要之氣候因素，強光下稻之株高雖受抑制，但分蘗數增加，莖重、穗數、總粒數及結實率均因之加大，因而日射量對稻米之產量與品質影響甚鉅。Stansel(1975)亦證明日射量與植株生長及稻穀產量有密切之關係。幼株(young seedling)對日射量之需求相對低下，故生育初期遮光對絕對產量影響甚微；但在由營養生長轉入生殖生長過程中，日射量之重要性劇增，而在抽穗開花期達最高點，由幼穗分化期至成熟期前 10 天是最須強日射量之生育期間(Stansel, 1975)。國際際稻米研究所之結果顯示：穀產量與收穫前 30 至 45 天之總日射量成極顯著正相關。雖然抽穗後之日

射量是關係稻穀產量之一個關鍵氣候因素，但生育早期之日射量仍是相當的重要，甚或更重要，Yoshida(1973)的遮光研究證明此一開花前日射量之重要性。氏以抽穗開花之前與後的種種生育期稻株施與高 CO_2 與日射量處理，結果發現開花前 33 天處理者稻穀增產 33%，而開花後 30 天處理者，稻穀僅增產 10%，顯示早期日射量強度對乾物質累積(accumulation of dry matter)之重要性。另外，在若干可分成明確乾、濕兩栽培季之稻生產區，兩季之日射量亦有差異，De Datta(1981)指出：由於濕季稻穀充實與成熟期間之日射量明顯較乾季為低，故而乾季之稻穀產量通常較濕季者為高；同時，施予適當之灌溉，熱帶乾季稻穀之產量與溫帶地區相近。而 Mikkelsen and De Datta (1991)則認為熱帶地區稻主要生育期間(應指濕季，著者註)之平均日射量通較溫帶地區者低，此應為熱帶地區稻低產之部份原因之一。

三、日長(day length)

稻之生長一般被分成 3 個主要時期：1.營養生長期：從發芽至幼穗分化(panicle initiation)；2.生殖生長期：幼穗分化至開花；3.穀粒成熟期：從開花至穀粒完全發育，已如前述。在熱帶，一般生殖生長期約 35 天；而穀粒成熟期約在 30-35 天之間。溫帶如日本地區，穀粒成熟期約 45 天。稻株之生殖生長期與穀粒成熟期概十分穩定(當然低溫是有或多或少的正向或負向之影響)，而營養生長期之變化則相當大，並為決定稻全生育期之最主要的內在因素。Vergara and Chang (1985)將營養生長期進一步區分為：基本營養生長相(basic vegetative phase, BVP)與光期敏感相(photoperiod-sensitive phase, PSP)。基本營養生長相可謂稻株之幼年期，不受光期影響。僅僅在稻株完成基本營養生長相，進入光期敏感相後，光刺激開花之反應才得顯現。稻基本營養生長相介於 10-60 天之間，變異相當大；光期敏感相已紀錄最長者為 10 天(Vergara and Chang, 1985)。

基於對光期極敏感稻品種對極弱之光(1-100lux)即可能有所反應(Vergara and Chang, 1985)，因之，影響稻株生長之日長(或稱光期, photoperiod)指白晝(daylight)及微曦(civil twilight)等兩期間之長度。白晝指日出與日沒之間隔期間；微曦指日出或日沒時太陽中心位於低於水平面 6^0 之時間，此時星光恍惚，室外活動已然為暗夜中斷(Mikkelsen and De Datta, 1991)。對光敏感品種言，最適光期(optimum photoperiod)為 10 小時；而臨界光期(critical photoperiod)為 12-14 小時(Vergara and Chang, 1985)。稻株主要生育期間之日長(包含白晝及微曦)在高緯度地區如日本的 Sapporo 之變異較大，可達 5 小時；近赤道區印度尼西亞之 Bogor 的日長之變異則較小，往往小於 3 小時。若干國家陸稻種植區日長變異亦相當大，巴西 Uberaba 地區之日長變異就較奈及利亞的 Ibadan 地區為大(De Datta, 1981; Mikkelsen and De Datta, 1991)。圖三為若干地區之年日長變異情形。

稻一般被歸類為短日作物，對光期非長敏感，長日將阻止或延遲開花(Vergera and Chang, 1976))，當日長降低至臨界點(critical point)，感光稻品種即開花，該稻品種之生育期間因之改變，改變之幅度視該品種對光期敏感度(photoperiod sensitivity)而定。此種因日長而改變之反應最主要是經由基本營養生長模式(basic vegetative growth pattern)之改變。現存稻品種間之日長敏感性差異極大，有些品種屬光期鈍感或中性；有些為弱感光；有些感光性極強，而現行改良之商業品種幾已全呈光期鈍感。弱感光品種由種植至收穫之全生育期間因日長變異所引起之改變甚小；但強感光品種僅僅可在長日長環境下被栽培達一定期間，否則收成定成問題，

此因強感光品種在日長長過或短於最適日長時，將造成開花延遲。前已述及，雖然現存稻品種間之光期敏感性差異極大，但迄無長日稻品種發現(Chang, and Vergera, 1972; Vergara and Chang, 1985; Mikkelsen and De Datta, 1991)。

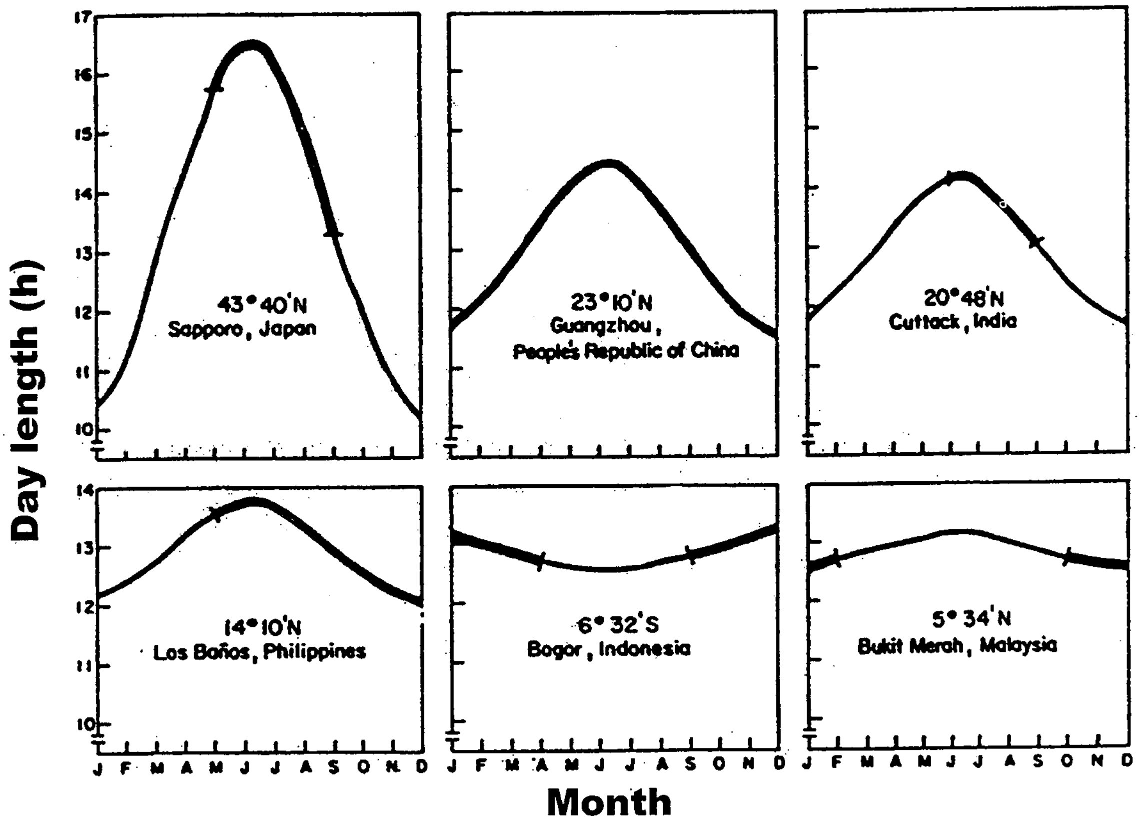

Fig. 3. Day length (including civil twilight) patterns during the main crop season in various rice-growing countries. Heavy lines indicate the main cropping season for lowland rice.(Adapted from De Datta, 1981).

四、溫度(temperature)

溫度爲稻栽培的重要限制因素。盧(1965)稱：凡一年內至少月平均氣溫在10°C 以上之月有 5 個月，其期間之平均氣溫約爲 17-18°C，爲單季稻之臨界溫度；而凡一年內至少月平均氣溫在 10°C 以上之月有 7-8 個月，其期間之平均氣溫約爲20°C，且年平均氣溫在 15°C 以上之地方，得認爲是可栽培兩季稻的可能區域。汪(1966)則指出水稻生育之總溫因品種與區域而異，在中國浙江 60 日之早稻其生育總溫 2000°C 已足，而 160 日之晚稻則需4000°C。而由於水稻是被栽植於湛水及不同水深度之環境中，水稻的生育無疑也備受水溫之影響。據 Yoshida(1981)之綜述：稻株在穗原體(panicle primordia)出現之前，稻株葉、分蘗及穗的生長點位置均位於稻田水平之下，水溫無疑是影響此期間稻株生長與發育之主要因素，尤其像美國加州稻之生育初期係使用雪水爲灌溉水源，因此該地品種生育初期(幼株)耐冷性

需頗佳(Li, 1975)。稍後之葉與植株高度伸長期，稻株之生長則受氣溫與水溫之共同影響，假定它們是完全暴露在大氣中(排除深水稻與浮稻)。當成長的穗高出稻田水平面之後 (約減數分裂期，reduction division stage)，水溫之影響降低，而氣溫就成爲控制穗生長與穀粒成熟的主要因素。如此，氣溫與水溫對產量及產量構成因素之影響隨生育期之不同而異。在生育初期，水溫經藉每株穗數、每穗粒數及結實率等要素影響產量；在生育後期，氣溫經藉千粒重及結實率影響產量(Yoshida, 1981)。而水溫對稻株生長發育之效應則視水溫之高低與水深而定，在一般狀態下，水溫概比氣溫高，增加水深可增長水溫控制幼穗生長之期間，此即，當氣溫下降至臨界溫度之下，在減數分裂期增加水深 15-20cm，是保護稻株對抗因低氣溫至引發低不稔性的有效方法(Yoshida, 1981)。

稻爲原生於熱帶之糧食作物，最適合被栽培於陽光充沛及平均溫度 20-38°C 之地區。極端溫度(extreme temperature)破壞稻株之生長，Yoshida(1981)專論指出：稻正常生長發育之臨界低與高溫度分別爲低於 20°C 及高於 30°C，視生育期之不同而改變;臨界溫度也視品種、臨界溫度期間、日變化及植株生理狀態而異。處於花粉母細胞正值減數分裂期的供試稻株，低於 20°C 溫度將導至較高的穎花不稔率，但品種間差異極大。如不耐低溫的農林 20 號 15°C 低溫處理 5 天，51%穎花不稔；耐低溫的 Hayayuki 在相同之處理條件下，穎花不稔率僅有 5%。而花粉母細胞正值減數分裂期之最後 2 天的 12°C 低溫處理，並不影響穎花稔實率；最後 6 天的 12°C 低溫處理，穎花稔 100%不稔。低溫誘至不稔係肇因於低夜溫，相對高日溫可減少低夜溫之傷害。花粉母細胞正值減數分裂期夜溫 14°C 處裡 9 天，日溫亦爲 14°C 時，穎花不稔率 41%；日溫 26°C 時，穎花不稔率爲 12%。旱田培育之稻秧有較高之澱粉與蛋白質含量，因而根系較水田培育之稻秧強大，因此，旱田秧苗可在日平均溫度 13-13.5°C 下來移植；水田秧苗則需在日平均溫度 15-15.5°C 條件下來移植。稻已被證實之生育各期的臨界低、高與最適溫度如表 9 (Yoshida, 1981)。

Table 9. Response of the rice plant to vary temperature at different growth stages.

Growth stage	Critical Temperature (°C)		
	Low	High	Optimum
Germination	10	45	20-35
Seedling emergence and establishment	12-13	35	25-30
Rooting	16	35	25-28
Leaf elongation	7-12	45	31
Tillering	9-16	33	25-31
Initiation of panicle primordia	15	-	-
Panicle differentiation	15-20	38	-
Anthesis	22	35	30-33
Ripening	12-18	30	20-25

1: Adapted from Yoshida (1981).

Yoshida (1981) 專論指出：雖因生育期之不同受害情形會有不同，但一般當日平均溫度低於 20°C 時，稻株即可能受害。稻株因低溫受害可發生在溫帶及亞熱帶與熱帶之山區與乾季。De Datta (1981)及 Yoshida (1981)等專書指出：已證實如澳大利亞、孟加拉、哥倫比亞、印度尼西亞、印度、尼泊爾、秘魯、斯里蘭卡、中國及美國等約有 20 個國家有冷害問題。另在亞熱帶及熱帶山區稻，如印度 Kashmir 等山區之溫度與日本之北海道相近，溫度不僅低且多變，在加上生育季節短，冷害也是這些地區稻作生產的限制因子。而在高緯度之溫帶地區冷害則限制稻之栽培地區與生長季節，在中國北京溫度可能低至 5°C，稻秧不作保護即受冷害；在美國，於 18°C 或更低之水溫下的幼苗生長勢及抽穗前 10-14 天低於 15°C 的低夜溫是加州稻作產業自西元 1912 年以來一直必需面對之問題(Rutger and peterson, 1979; De Datta, 1981; Yoshida, 1981)。而當日平均溫度高於 35°C 時，稻株也將受害，惟受害情況視品種與生育期而異。稻作易遭受高溫之害的地區爲巴基斯坦及中東及熱帶非洲(De Datta, 1981; Yoshida, 1981)。而稻株生育各期遭低溫與高溫爲害之癥狀如表 10。

溫度與養份供給之交感作用也在稻作學者之相關研就中被證明，據 Yoshida(1981)專論指出此種溫度與養份供應之交感作用大致歸成：單位面積穀粒數與氮肥吸收量、低溫誘致之不稔與氮肥及低溫誘致之不稔與磷肥等三類。在單位面積穀粒數與氮肥吸收量方面，目前之研究確認溫度是影響氮肥效率之主要氣候因子。較低的氣溫有利氮肥效率之提高，進而提高單位面積之充實穀粒數，終而增加稻穀產量；在低溫誘致之不稔與氮肥交感方面發現，在減數分裂期 16°C 低溫處理，低溫誘致之不稔率隨氮肥施用之增加而增加。在當溫度超出或遠低於臨界溫度時，增施行氮肥對增加低溫誘致不稔率之效應較不明顯；至於低溫誘致之不稔與磷肥交感方面發現，在減數分裂期高氮肥對低溫誘致不稔率增高之不好效應，因磷肥之施用而減低。

Table 10. Symptoms of low- and high-temperature stress of the rice plant.

Growth stage	Symptom	
	Low-temperature	High-temperature
Vegetative	Failure to germinate Delayed seedling emergence Stunting Leaf discoloration	White leaf tip Chlorotic bands and blotches White bands and specks Reducing tillering Reducing height
Reproductive	Panicle tip degeneration	White spikelets, White panicles Reduced spikelet number
Anthesis	Incomplete panicle exertion Delayed flowering Spikelet sterility	Sterility
Ripening	Irregular maturity	Reduced grain-filling

1: Adapted from Yoshida (1981).

五、相對濕度(relative humidity)

相對濕度指大氣中之水蒸氣含量。在熱帶，相對濕度對稻株之影響往往與日射量及溫度混淆不清(De Datta, 1981)。一般咸認相對濕度與稻穀產量無直接關，但因爲相對濕度與露水之形成有關，而長露期(long dew period)往往增加稻株罹患稻熱病(blast)之機會，在這種情況下，高相對濕度之效應往往與造成長露期的另一個因子--低夜溫混淆。

六、風(wind)

風乃空氣之流動。De Datta (1981)指出：稻之光合作用因風速度增加而提高，但風速超過 0.75-2.25cm sec^{-1} 則無此提高稻光合作用之效用。因此，稻株生育期間，和風徐徐增加稻株冠(canopy)氣流之流動，增補稻株周遭二氧化碳之含量而有助稻穀產量之提高。另方面，強風可導致葉片機械傷害；如發生在抽穗後，往往造成嚴重之倒伏(lodging)與損毀、稻穗脫水(desiccation of panicle)、穎花不稔等現像；強風往往也加速稻細菌性葉部病害(bacterial leaf diseases) 之傳播。而熱帶暴風如颱風或颶風等除風速超強外，往往尙挾帶大量雨水，對稻株之傷害更大。其它如鹽風與焚風概直接造成稻株葉片或穗之傷害，進而影響稻穀產量(De Datta, 1981; Mikkelsen and De Datta, 1991)。有關雨害、旱害及風害等農業企象災害，本書第五章農業氣象災害雨害、旱害及風害等有專論，請詳該專章。

伍、結　　語

隨著植稻區域經濟之改善，農村之都市化是不可避免之趨勢，都市化之結果是灌溉稻田面積之大量移出。而灌溉稻田概屬是高產稻田，這對因應世界人口持續成長所帶來糧食比例增產之壓力，與日具增(Mikkelsen and De Datta, 1991 Khush, 1997)。Mikkelsen and De Datta (1991)指出，因應世界人口持續成長的稻作增產策略是：現代新品種之育成及以稻爲主軸耕種制度之建立。在現代新品種育成方面，自引發綠色革命(Green revolution) IR 8 育成，秈稻育種與栽培哲學改變以來，國際稻米研究所又正蘊釀因應 21 世紀之稻的新株型(Khush, 1996)，惟據個人瞭解，負面看法極多，21 世紀稻新株型能否被肯定，尙待接受考驗；而與此新株型推出密不可分之栽培技術的確立也因之尙待努力。Mikkelsen and De Datta (1991)歸納已開發中國家增進稻米生產的兩個基本策略是：1.育成短稈、不倒伏、早熟、病蟲害抗(忍受)性強、優良環境適應性及穀粒品質適各消費層之高產新品種；2.開發包含病蟲及雜草控制、水資源管理、適當輪作等新耕作制度。此兩方向平實，但須相關遺傳(含分子遺傳)、育種、農藝、病蟲、生理、生態、農機、土壤、肥料及穀類品質等各學門專家之通力合作，達成之期程與效益端視各學門專家之敬業與專職、分工與集成、及投注之心力與坦誠之程度而定。

臺灣地處亞熱帶，地形狹長，中央山脈橫貫南北，雨水豐沛，高溫多濕，極適稻之生長。故而，長久以來稻米是臺灣最首要的糧食作物。以往，在各學術單位、農政主導單位及廳屬試驗場所之共同努力下，品種履履推陳出新；栽培技術日新月異，成果顯著。近年來，稻作相關人員新陳代謝，新進學有專精之稻研究人員蓄勢待發中。就跨世紀長程發展之整體言，目前臺灣從事實務的稻作各方面人員之訓練，在世界觀方面容或稍有不足，但已達一定之水準，欠缺的是適才適用，人盡其責。舉例言之：生理專長卻主導育種；育種人員兼辦栽培及(或)推廣；大專院校專精育種人員未能受邀諮詢、土壤、農機未被積極網羅等等，是公認耳熟能詳之積

弊。就因為此種不能適才適用，不能人盡其才，導致專精學者專家之不能充分參與與積極建言，整體士氣幾無，此現像亟待解決。而在此等問題解決後，臺灣之稻作產業才有脫胎換骨之契機。

米食具多樣化，為中華文化之一。在臺灣，稻作產業因兼具生態性、生活性及生產性，其重要性已因國內外農業主客觀環境之改變而更趨突顯。亦即，在臺灣，稻米並不僅僅是一種最重要的糧食作物，它對臺灣的生態環境，對臺灣經濟的安定更有重大之影響。而今，一個現代化的國家級作物種原庫已於 1993 年正式運作，而這軟硬體俱臻先進的國家作物種原庫的規劃、創設確已對臺灣植物生產之永續發展奠立了最堅實之基石；而國家作物種原庫之井然運作更對臺灣之作物生產改進提供了生生不息的運轉空間。而臺灣之稻種原在這樣一個專責機構之統籌保育下，相信對今後臺灣"稻米生產企業化；稻農生活現代化；稻田生態自然化"目標之實現，將更具影響力。

陸、引用文獻

汪呈因. 1966. 食用作物學. 正中書局. 臺北.

吳田泉. 1993. 臺灣農業史. 自立晚報社文化部. 臺北.

盧守耕. 1965. 稻作學. 正中書局. 臺北.

謬進三. 1947. 臺灣蓬萊稻改良之歷史與檢討. 農報 1(1):16-19.

磯永吉. 1944. 水稻耕種法講演. 臺灣農會.

Catling, H. D., D. W. Puckridge and D. H. Ris Lambers. 1988. The environment of Asian deepwater rice. pp 11-34. *In:* Proceedings of 1987 International Deepwater Rice Workshop. Int. Rice Res. Inst. Los Banos Philippines.

Chang, T. T. 1976. The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of Asian and Africa rice. Euphytica 25:425-441.

Chang, T. T. 1985. Crop history and genetic conservation: Rice--A Case study. Iowa State J. Res. 59(4):425-455.

Chang, T. T. and B. S. Vergara. 1972. Ecological and genetic information on adaptability and yield ability in tropic rice varieties. pp 431-451. *In*: Rice Breeding. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

De Datta, S. K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. 618p. John Wiley & Sons, NY.

IRRI. 1991. World Rice Statistics 1990. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

Li, C. C. 1975. Inheritance of cool-temperature seedling vigor in rice (*Oryza sativa* L.) and its relationship with other agronomic characters. Ph. D. Dissertation. University of California, Davis.

Lu, J. J., and T. T. Chang, 1981. Rice in its temporal and spatial perspectives. pp 1-74. *In*: Rice: Production and Utilization. B. S. Luh (ed.). AVI. Westport, CN.

Khush, G. S. 1996. Prospect of and approaches to increasing the genetic yield potential of rice. pp 59-71. In: Rice Research in Asis: Progress and Priorities. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

Mikkelson, D. S. and S. K. De Datta. 1991. Rice culture. pp 103-186. *In*: Rice Production. Vol. I. Bor S. Luh (ed.). AVI., Westport, CN.

Rugter, J. N. and M. L. Peterson. Cool tolerance of rice in California. pp 101-104. *In*: Report of a Rice Cold

Tolerance. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

Stansel, J. W. 1975. Effective utilization of sunlight. pp 43-50. *In*: Six decades of Rice Research in Texas. Mono. 4, Texas Agric. Exp. Sta. TX.

Vergara, B. S. 1980. Rice plant growth and development. pp 75-86. *In*: Rice: Production and Utilization. B. S. Luh (ed.), AVI., Westport, CN.

Vergara, B. S. and T. T. Chang. 1976. The flowering response of the rice plant to photoperiod : A review of literature. 75p. Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 8. Los Banos , Philippines.

Vergara, B. S. and T. T. Chang. 1985. The Flowering Response of the Rice Plant to Photoperiod. 61p. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

Yoshida, S. 1973. Effect of CO_2 enrichment at different stages of panicle development on yield components and yield of rice (*Oryza sativa* L). Soil Sci. Plant Nutri. 19:311-316.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. 269p. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

Environment and Rice Production
Chapter 2 Climate Environment and Rice Production
7 - 32, 1999

Chapter 2 Climate Environment and Rice Production

Yih-Chuan Kuo
Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute,
Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC

ABSTRACT

Rice is one of the most important food crops in the world and is grown in more than 100 countries on every continent of the world except Antarctica. However, rice is primarily grown and consumed in Asia. Only about 4-5% of the world's rice production is traded internationally. Thailand is the world's leading rice exporter and The United States is the second largest exporter. The world's average rough rice yield was 3.56 ton ha^{-1} in 1990. It was found that temperate areas have historically produced the highest average rice yield per hectare. In Taiwan, annual average rice yield was 4.3 ton ha^{-1} in 1998 and the first rice crop has higher average rice yield than the second rice crop. Although rice is originated in tropics, remarkable ecogenetic diversification and adaptability to adverse environment exists because of its long history of cultivation selection under diverse hydro-edaphic-seasonal regime. Therefore, rice can be grown in adverse climate environmental conditions. The climatic factors such as rainfall, solar radiation, day length, temperature, relative humidity, and wind were discussed in the Chapter on the standpoint of rice production. A detailed physiological discussion will be given in other chapters of the volume.

Key words: Rice, Food crop, Hydro-edaphic-seasonal regime, Ecogenetic diversification, Climate.